

PEMANFAATAN KULIT PISANG KEPOK SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENYISIHKAN LOGAM Cu

Prastika Alifaturrahma dan Okik Hendriyanto C
Progdi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
e-mail : titothprastika@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan adsorpsi oleh adsorben kulit pisang kepok dalam menurunkan logam Cu , serta menentukan model isoterm adsorpsi kulit pisang kepok terhadap logam Cu. Kulit pisang kepok ini dikarbonisasi dengan furnace pada suhu 350°C selama 30 menit hingga menjadi karbon. Dengan ukuran 100 mesh dan aktivatornya menggunakan HCl 1 N dengan proses perendaman selama 48 jam. Pada penelitian ini dilakukan metode batch dengan menggunakan shaker dan limbah industri electroplating. Variasi yang digunakan meliputi variasi massa adsorben (gram) : 2, 2,5 , 3 , 3,5 , 4 dan kecepatan pengadukan (rpm) : 50 , 100 , 150 , 200 , 250. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah konsentrasi Cu yang terdapat pada limbah. Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi untuk adsorben kulit pisang kepok massa 4 gram pada kecepatan pengadukan 200 rpm. Isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1,773 mg/g. Kemampuan adsorben kulit pisang kepok untuk menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah electroplating dengan persen penyisihan tertinggi yaitu sebesar 81,78%.

Kata Kunci : adsorpsi, kulit pisang kepok, logam Cu

ABSTRACT

This research aims to determine the ability of adsorption by banana peel adsorbent in reducing Cu metal, and determine the isotherm of adsorption model of banana peel against Cu metal. Banana peel is carbonized with a furnace at 350 ° C for 30 minutes until it becomes carbons. With a size of 100 mesh and activator using 1 N hydrochloric acid with soaking process for 48 hours. In this research, batch method using shaker and industrial waste electroplating. Variations used include variations of adsorbent mass (gram): 2, 2.5, 3, 3.5, 4 and stirring speed (rpm): 50, 100, 150, 200, 250. Parameters analyzed in this research are Cu contained in the waste. The results showed that the optimum condition of adsorption for banana peel adsorbent was 4 gram at 200 rpm stirring speed. The adsorption isotherms follow the Langmuir isotherms with an adsorption capacity of 1.773 mg/g. The ability of banana peel adsorbent to decrease the concentration of copper (Cu) in electroplating waste with the highest allowance percentage is 81,78%

Keywords: adsorption, banana peel , copper

PENDAHULUAN

Sektor Industri semakin berkembang sejalan dengan kemajuan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, dan memberikan dampak positif serta negatif. Salah satu logam berat yang berbahaya yaitu Tembaga. Tembaga (Cu) dalam jaringan darah dapat menghasilkan jenis oksigen bebas reaktif dan merusak protein, lipid dan DNA. Senyawa tembaga berlebih di tubuh juga mempengaruhi pada penuaan, skizofrenia, penyakit mental, sirosis kecil India, Wilson dan penyakit Alzheimer. Tembaga telah merusak ekosistem laut dan merusak insang, hati, ginjal, sistem saraf dan mengubah kehidupan seksual ikan (M.A. Hossain et al, 2012).

Salah satu alternatif dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah penggunaan bahan-bahan alami sebagai adsorben. Kulit pisang kepok memiliki kemampuan dalam mengikat ion logam berat, dikarenakan dalam kulit pisang terdapat berbagai gugus fungsi yang berperan sebagai gugus aktif seperti gugus hidroksil, gugus karboksilat, dan gugus amina (Castro et al, 2011). Maka dengan perkembangan ilmu dan teknologi, kulit pisang kepok ini dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif atau arang aktif serta dapat menjadi salah satu cara untuk penanggulangan limbah yang ada di masyarakat. Penelitian tentang arang aktif telah banyak dilakukan, salah satunya adalah arang aktif yang dibuat dari tempurung kelapa. Dimana pada penelitian tersebut menggunakan bahan kimia sebagai aktivator yaitu H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Hasil penelitian tersebut memberikan kualitas arang terbaik pada aktivator H_3PO_4 yaitu dengan karakteristik kadar abu 0,62%, kadar air 3,43%. (Ari Budiono et al dalam jurnal Ongki, 2014). Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui daya adsorpsi pada larutan Cu dengan menggunakan kulit pisang kepok yang diaktivasi dengan aktivator asam yaitu HCl.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit pisang kepok, HCl 1 N, aquadest, larutan Cu sesuai kadar limbah, shaker, ayakan 100 mesh, oven, furnace, timbangan analitik, pH meter, kertas saring, corong, erlenmeyer, dan spektrofotometri serapan atom (AAS).

2. Pembuatan Adsorben

Kulit pisang kepok 5 (kilogram) dipotong kecil (± 5 mm), dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu $150^\circ C$. Setelah itu dikarbonisasi dalam furnace pada suhu $350^\circ C$ selama 30 menit agar menjadi arang. Setelah proses karbonisasi selesai, arang kulit pisang kepok didinginkan dalam desikator selama ± 30 menit. Kulit pisang kepok yang sudah menjadi arang kemudian ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Arang tersebut diaktivasi dengan larutan HCl selama 48 jam dan dicuci dengan aquadest berulang kali hingga pH netral. Kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu $\pm 105^\circ C$ selama 1 jam. Dan didinginkan dalam desikator selama ± 30 menit.

3. Pengujian Adsorben

Menyiapkan erlenmeyer 100 ml sebanyak 25 buah. Mengambil sampel air limbah 50 ml larutan Cu dan dimasukkan pada setiap Erlenmeyer. Menimbang arang aktif masing-masing dengan ukuran 2, 2,5, 3, 3,5, 4 (gram) dan dimasukkan ke dalam setiap Erlenmeyer yang sudah berisi air limbah. Selanjutnya dikocok menggunakan shaker selama 60 menit dengan variasi kecepatan pengadukan 50, 100, 150, 200, 250 rpm. Kemudian disaring dengan kertas saring dan diambil air sampel yang sudah disaring untuk dilakukan analisis kadar Cu di dalam limbah yang sudah terserap oleh arang aktif.

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

Keterangan :

Co = konsentrasi awal Cu

Ce = konsentrasi akhir Cu

HASIL DAN PEMBAHASAN

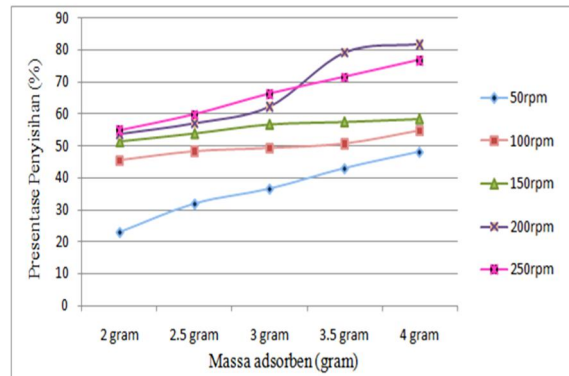
1. Analisa Awal Penelitian

Berdasarkan analisa awal laboratorium yang telah dilakukan, diketahui kandungan awal dari limbah electroplating yang mengandung Cu sebesar 128,9 mg/l sementara baku mutu yang ditetapkan oleh PERGUB JATIM No 72 Tahun 2013 kandungan Cu dalam industri electroplating maksimal sebesar 0,6 mg/l. Dalam pembuatan adsorben ini limbah kulit pisang kepok dijadikan karbon aktif. Hasil penelitian yang dilakukan terhadap karbon aktif dengan proses pembuatan yang dijalankan dengan tujuan mengetahui kemampuan adsorpsi dengan mengikuti persyaratan SII untuk karbon aktif, diperoleh hasil analisa kadar air dan kadar abu didapatkan hasil yang sesuai dengan standart SII. 0258-88 yang telah ditetapkan. Untuk nilai kadar air sebesar 0,12% dengan persyaratan kualitas maksimal 15%. Dan untuk kadar abu sebesar 2,33% dengan persyaratan kualitas maksimal 10%.

Massa Adsorben (gram)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi Cu (mg/l)	Persen Penyisihan (%)
2	50	99.85	23.07
	100	70.7	45.53
	150	63.25	51.27
	200	60.09	53.71
	250	58.45	54.97
2.5	50	88.3	31.97
	100	67.12	48.29
	150	59.91	53.84
	200	55.75	57.05
	250	51.93	59.99
3	50	82.25	36.63
	100	65.87	49.25
	150	56.17	56.73
	200	48.9	62.33
	250	43.6	66.41
3.5	50	73.95	43.03
	100	64.05	50.65
	150	55.15	57.51
	200	27.06	79.15
	250	36.82	71.63
4	50	67.3	48.15
	100	58.82	54.68
	150	53.95	58.44
	200	23.65	81.78
	250	29.95	76.93

Tabel-1 Data Hasil Analisa Uji Logam Cu (hasil analisa 2017)

2. Pengaruh Antara Massa Adsorben Terhadap Persen Penyisihan Cu

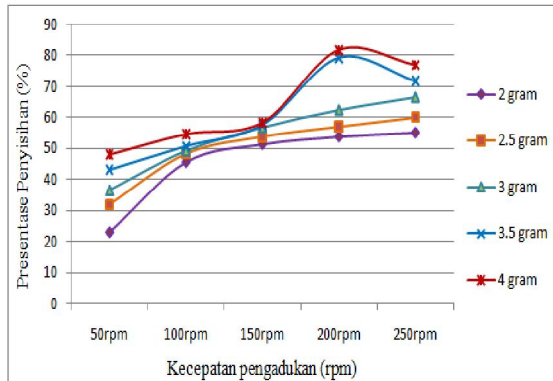


Gambar-1 Grafik Pengaruh Massa Adsorben (gram) Terhadap Persen Penyisihan Logam Cu (%)

Pada Gambar-1 dapat dilihat bahwa persen penyisihan mengalami kenaikan secara bertahap di setiap bertambahnya massa adsorben yang sudah divariasikan yaitu 2 gram, 2,5 gram, 3 gram, 3,5 gram, dan 4 gram. Dengan penetapan ukuran lolos 100 mesh dan waktu kontak 60 menit. Kenaikan presentase penyisihan yang terlihat mengalami kenaikan tertinggi pada massa adsorben 4 gram pada kecepatan pengadukan 200 rpm yaitu sebesar 81,78%. Jumlah adsorben yang ditambahkan berpengaruh terhadap besar penyisihan logam tembaga yang terjadi. Semakin banyak jumlah adsorben yang ditambahkan maka akan semakin besar pula persen penyisihannya. Dan semakin bertambah massa adsorben dapat menambah luas permukaan adsorbennya. Menurut Naiya et al., (2009), penambahan dosis atau jumlah adsorben yang semakin besar menyebabkan permukaan adsorben semakin besar pula. Sehingga adsorbat yang teradsorpsi semakin banyak. Semakin besar massa yang digunakan maka efisiensi penyerapan terhadap ion logam semakin besar. (Nurhasni et al., 2014). Dan bertambahnya berat massa adsorben sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan

efisiensi penyerapan pun meningkat (Refilda, 2001).

3. Pengaruh Antara Kecepatan Pengadukan Terhadap Persen Penyisihan Cu



Gambar-2 Grafik Pengaruh Kecepatan Pengadukan (rpm) Terhadap Persen Penyisihan Logam Cu (%)

Pada Gambar-2 menunjukkan bahwa persen penyisihan logam tembaga dalam limbah cenderung meningkat seiring meningkatnya kecepatan pengadukan. Persen penyisihan terbesar terdapat pada kecepatan pengadukan 200 rpm dengan massa adsorben 4 gram yaitu sebesar 81,78%. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan yang cukup besar dari kecepatan pengadukan 150 rpm sebesar 58,44% menuju kecepatan pengadukan 200 rpm dengan massa adsorben 4 gram. Sementara itu pada kecepatan pengadukan 250 rpm pada massa adsorben 3,5 gram dan 4 gram persen penyisihan logam tembaga mengalami penurunan dibanding kecepatan pengadukan 200 rpm. Hal ini terlihat dari Gambar 4.2 yang mengalami penurunan angka persen penyisihan di titik 250 rpm pada massa 3,5 gram dan 4 gram. Hal ini dikarenakan terlalu cepatnya pengadukan yang membuat adsorbat terlepas dari adsorben. Sehingga tidak bisa mengikat ion logam tembaga secara efektif. Dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan yang optimum adalah 200 rpm pada massa adsorben 4 gram. Karena dengan kecepatan tersebut pergerakan partikel adsorben menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap

adsorbat yang lebih banyak. Untuk kondisi sebaliknya dengan kecepatan pengadukan yang terlalu cepat, maka kemungkinan yang terjadi struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Alimatun dalam Refi et al., 2013). Terlalu cepatnya pengadukan membuat adsorben tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam tembaga (Isna Syauqiah et al., 2011). Adsorbat yang telah menempel dan membentuk flok nantinya akan kembali pecah karena besarnya kecepatan pengadukan (Refi Afrianita et al., 2013).

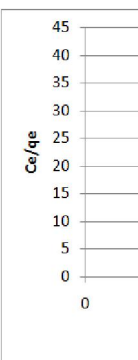
3. Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Isoterm kesetimbangan adsorpsi sangat penting untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben. Data kesetimbangan adsorpsi dapat ditunjukkan dengan isotherm adsorpsi yang menunjukkan hubungan antara banyaknya adsorbat yang diserap perbanyaknya adsorben (q_e) dan konsentrasi adsorbat dalam larutan (C_e).

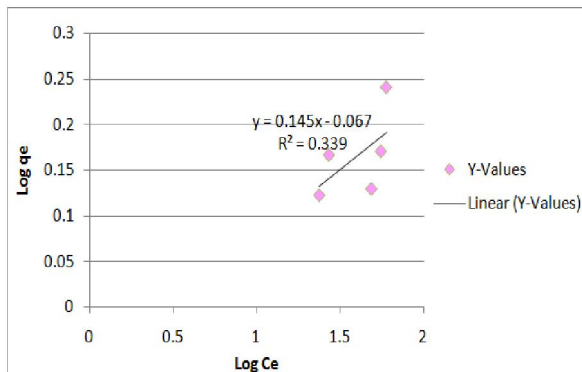
Pada penelitian ini isotherm adsorpsi logam tembaga dilakukan dengan model isotherm Freundlich dan Langmuir pada kondisi kecepatan pengadukan yang optimum. Perhitungan isotherm adsorben kulit pisang kepok dapat dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2 Perhitungan isotherm adsorpsi kecepatan 200 rpm dengan waktu kontak 60 menit dan volume 50 mL

Massa Adsorben (gram)	C_0 (mg/L)	C_{eq} (mg/L)	q_e (mg/L)	$\log C_{eq}$	$\log q_e$	C_0/q_e
2	129.8	60.09	1.743	1.779	0.241	34.480
2.5	129.8	55.75	1.481	1.746	0.171	37.643
3	129.8	48.9	1.348	1.689	0.130	36.267
3.5	129.8	27.06	1.468	1.432	0.167	18.437
4	129.8	23.65	1.327	1.374	0.123	17.824



Model isotherm Freundlich berdasarkan data perhitungan Tabel-2 dapat dibuat dengan mengplotkan nilai $\log C_e$ sebagai sumbu x terhadap $\log q_e$ sebagai sumbu y seperti berikut.



Gambar-3 Grafik persamaan Isoterm Freundlich Pada Kecepatan Pengadukan 200 rpm dengan waktu Kontak 60 Menit

Pada hasil pengeplotan grafik isoterm Freundlich dari adsorben kulit pisang kepok dengan kecepatan pengadukan 200 rpm diatas diperoleh persamaan linier $y = 0.145x - 0.067$ dengan $R^2 = 0.339$.

Gambar-4 Grafik Persamaan Isoterm Langmuir Pada Kecepatan Pengadukan 200 rpm dengan Waktu Kontak 60 Menit

Model isotherm Langmuir dapat dibuat dengan mengplotkan nilai C_e sebagai sumbu x terhadap C_e/q_e sebagai sumbu y. Nilai hasil perhitungan C_e dan C_e/q_e diplotkan dalam grafik model isotherm Langmuir dan diperoleh persamaan linier untuk kecepatan pengadukan 200 rpm $y = 0.564x + 4.593$ dengan $R^2 = 0.905$.

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa adsorpsi yang lebih sesuai dengan kecepatan pengadukan 200 rpm adalah isotherm Langmuir dibandingkan dengan model isotherm Freundlich. Karena dari hasil R^2 Langmuir yaitu 0.905 sedangkan untuk Freundlich yaitu 0.339. Dan setelah dilakukan perhitungan parameter isotherm Freundlich dan Langmuir didapatkan kapasitas adsorpsi pada Freundlich sebesar 0.857 mg/g. Sementara pada Langmuir sebesar 1.773 mg/g. Sehingga isotherm Langmuir lebih sesuai daripada model isotherm Freundlich jika dilihat dari nilai kapasitas adsorpsinya dan nilai R^2 nya yang lebih besar pada model isotherm Langmuir. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada kecepatan pengadukan 200 rpm adsorpsi logam tembaga mengikuti model isotherm Langmuir karena memiliki nilai kapasitas adsorpsi lebih besar. Isotherm Langmuir terjadi secara kimia sehingga ikatan yang terjadi cukup kuat dan mengasumsikan bahwa adsorbat menempel pada satu lapisan (monolayer) pada permukaan adsorben dengan sisi aktif yang sama (homogen).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kulit pisang kepok dapat digunakan sebagai adsorben dalam mengadsorpsi logam tembaga yang terdapat pada limbah electroplating.
2. Kemampuan adsorpsi adsorben kulit pisang kepok dalam menurunkan Cu pada limbah elektroplating diperoleh yang terbaik dengan ukuran 100 mesh sebanyak 4 gram pada kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 81,78%.
3. Isoterm adsorpsi pada adsorben kulit pisang kepok dengan kecepatan pengadukan optimum 200 rpm mengikuti model Langmuir yang didapatkan dari persamaan $y = 0.564x + 4.593$ dengan kapasitas maksimum

adsorpsi sebesar 1,773 mg/g dan dengan nilai $R^2 = 0,905$.

Saran-saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan logam berat lainnya dari Cu.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel-variabel yang berbeda seperti pH, suhu, ukuran partikel, atau waktu kontak.
3. Pembuatan adsorben selanjutnya dapat dilanjutkan dengan menggunakan bahan-bahan alami lainnya yang sesuai dengan persyaratan adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

A. K. Dan Das S. K, Naiya, T. K., Chowdhury, P., Bhattacharya, (2009), "Saw Dust and Neem Bark as Low-cost Natural Biosorbent for Adsorptive Removal of Zn(II) dan Cd(II) Ions from Aqueous Solutions". *Chemical Engineering Journal* 148:68-79.

Atkins, P.W, (1990), "Kimia Fisika" Jilid 2 Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Awaludin, Martin, (2008), "Kaji Karakteristik Karbon Aktif Sebagai Adsorben Terhadap Adsorbat Pasangannya", Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI.

Cahyaningrum, Putri Utha, (2016), "Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Ion Tembaga(II)" FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

Castro, R. S. D., Caetano, L., Ferreira, G., Padilha, P. M., Saeki, M. J., (2011), "Banana Peel Applied to the Solid Phase Extraction of Copper and Lead from River Water", *Preconcentration of Metal Ions with a Fruit Waste, Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(6), 3446-3451.

Darmadinata, Mariyanti, (2015), "Uji Adsorpsi Ion Logam Mn(II) Dan Cr(III) Menggunakan Limbah Kulit Pisang", Universitas Negeri Semarang.

David, O Conney, (1998), "Water and Wastewater Engineering treatment", Lewis, Boston London New York Washington, D.C.

Desiliana T.P Allo, Muhammad Zakir, Nursiah La Nahfie, (2013), "Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Merah Sebagai Biosorben Ion Logam Cu", Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin Kampus Tamalanrea Makassar 90425.

Ferhan, (2012), "Activated Carbon For Water and Wastewater Treatment", Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Germany.

Fitria, Vita, (2013), "Karakterisasi Pektin Hasil Ekstraksi Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa balbisiana ABB)", Fakultas Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan Program Studi Farmasi, Jakarta.

Gunarman, (2015), "Gambar Ilustrasi Adsorpsi Pada Karbon Aktif", Jakarta, <http://gunarman.blogspot.co.id/2015/02/Adsorben.html>.

Hendra, Ryan, (2008), "Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Indonesia Dengan Metode Aktivasi Fisika Dan Karakteristiknya", Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Hewett, Emma., Stem A and Mrs. Wildfong, (2011), "Banana Peel Heavy Metal Water Filter", <http://users.wpi.edu>.

Isna Syauqiah, Mayang Amalia, Hetty A. Kartini, (2011), "Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif", *INFO TEKNIK*, Volume 12 No. 1.

K, Sumada, (2006), "Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating yang Efisien", *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.1 No.1, hal. 26-36.

Kurniasari, (2010), "Pemanfaatan Mikroorganisme dan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat", *J. Momentum*, 6(2): 5-8.

M Hassan, (2016), "Electroplating Logam Dengan Larutan Tembaga CuSO_4 (Sulfat Anhidrat)", *KIMIA*, Universitas Mataram.

Metcalf and Eddy, Inc., (1979), "Wastewater Engineering, Treatment,

Disposal and Reuse”, McGraw-Hill, New York.

Mohapatra, Debadnya, Mishra, Sabyasachi, Sutar, Namrata, (2010), “Banana and Its By-Product Utilisation”: An Overview, Journal of Scientific & Industrial Research Vol. 69, May, pp. 323-329.

Monica Rahayu, Reri Afrianita, Yommi Dewilda, (2013), “Studi Penentuan Kondisi Optimum Fly Ash Sebagai Adsorben Dalam Menyisihkan Logam Berat Kromium (Cr)”, Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas.

Novia, Frida, (2011), “Suhu Optimum Kalsinasi Pada Lumpur Alum IPA Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Konsentrasi Pada Limbah Pupuk”, Teknik Lingkungan ITS Surabaya.

Nubzah Saniyyah, Nurhasni, Hendrawati, (2014), “Penyerapan Ion Logam Cd Dan Cr Dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi”, Valensi Vol. 4 No. 1, Mei 2014 (36-44).

Qasim, SSR., (1985), “Wastewater Treatment Plant Planning Design and Operation”. Holth Rinchart and Winston.

Refilda., Rahmiana Zein., Rahmayeni, (2001), “Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-logam Berat Pada Air Limbah”, Skripsi., Padang: Universitas Andalas.

Reynolds, R., (1996), “Unit Operation and Processes in environmental Engineering” . Second Edition. PWS Publishing Company. Boston.

R.S. Juang, G. Annadurai, D.J. Lee, (2002), “Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels”, Water Science and Technology Vol 47 No 1 pp 185–190.

Salmawati, (2016), “Penentuan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca) Hasil Modifikasi Dengan HNO_3 , H_2SO_4 , Dan H_2O_2 Menggunakan Metode Cyclic Voltammetry”, Makassar.

Sha Liang, Xueyi Guo, Ningchuan Feng, Qinghua Tian, (2010), “Isotherms, kinetics and thermodynamic studies of adsorption of Cu^{2+} from aqueous solutions by $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ type orange peel adsorbents”, Journal of Hazardous Materials 174 (2010) 756–762. China.

Siska, (2009), “Kandungan Logam tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (Eichhornia crassipes Solms)”, Lab. Ekologi & Biosistemik, Jurusan Biologi, F. MIPA. UNDIP.

Stevani, Ongki, (2014), “Pembuatan Arang Aktif dari Limbah kulit Coklat (Theobroma Cacao L) dengan Aktivator HCl dan NaOH”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Suryawan, Bambang, (2004), “Karakteristik Zeolit Indonesia Sebagai Adsorben Uap Air”, Depok : Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik FT-UI, T. V. Nguyen, M. A. Hossain, H. Hao Ngo, W. S. Guo, (2012), “Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent”, Int. J. of GEOMATE, June, 2012, Vol. 2.

Yopy, Arfan, (2006), “Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya”, Depok : Departemen Teknik Kimia FT-UI.